

⑤

Int. Cl. 2:

**B 01 F 5/02**

①⑨ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



**DE 28 39 564 A 1**

⑪

# **Offenlegungsschrift 28 39 564**

⑫

Aktenzeichen:

P 28 39 564.4-23

⑬

Anmeldetag:

12. 9. 78

⑭

Offenlegungstag:

20. 3. 80

⑮

Unionspriorität:

⑯ ⑰ ⑱ —

⑤④

Bezeichnung:

Vorrichtung zur wärmetauschenden und mischenden Behandlung von strömenden Medien

⑦①

Anmelder:

Hoechst AG, 6000 Frankfurt

⑦②

Erfinder:

Müller, Walter, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 6233 Kelkheim;  
Gauer, Richard, Dipl.-Ing., 6200 Wiesbaden

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

**DE 28 39 564 A 1**

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur wärmetauschenden und mischenden Behandlung von strömenden Medien bestehend aus einem rohrartigen Gehäuse mit für die wärmetauschende und die mischende Behandlung bestimmten Einbauten, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbauten aus sich in Achsrichtung des Gehäuses (1) erstreckenden Rohren (2) bestehen, die gekrümmte Rohrteile (2b) und die gekrümmten Rohrteile (2b) verbindende Rohrteile (2a) aufweisen, die Rohre (2) parallel zueinander liegen und die verbindenden Rohrteile (2a) benachbarter Rohre (2) sich kreuzen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gekrümmten Rohrteile (2b) eines Rohres (2) in einer Ebene liegen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die gekrümmten Rohrteile (2b) der Rohre (2) an das Gehäuse (1) heranreichen.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich die verbindenden Rohrteile (2a) benachbarter Rohre (2) rechtwinklig kreuzen.
5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbauten aus hintereinander geschalteten Rohrbündeln bestehen, die gegeneinander um die Gehäuseachse vorzugsweise um  $90^\circ$  gedreht sind.
6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung aus mehreren Rohrschüssen mit Einbauten aus einem oder mehreren Rohr-

2839564

- 2 -

bündeln besteht, wobei die Rohrschüsse um die gemeinsame Achse gegeneinander, vorzugsweise um  $90^{\circ}$  gedreht sind.

- 5 7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) doppelwandig ausgebildet ist.
- 10 8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die gekrümmten Rohrteile (2b) mit Leitelementen (4,4a) versehen sind.

030012/0430

- 1 -

HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT    HOE 78/F 179    D.Ph.HS/cr

Vorrichtung zur wärmetauschenden und mischenden Behandlung  
von strömenden Medien

Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur wärmetauschenden und mischenden Behandlung von strömenden Medien, die aus einem rohrartigen Gehäuse mit für die wärmetauschende und die mischende Behandlung bestimmten Einbauten besteht.

Es sind Vorrichtungen zum Mischen strömender Medien bekannt, bei denen in rohrartigen Gehäusen Mischeinsätze angeordnet sind, die einen Produktstrom zerlegen und mischend umlagern.

Nach der U.S.-Patentschrift 3 286 992 bestehen die Einsätze aus gewendelten Stegen, wobei eine, auf eine in Strömungsrichtung nachfolgende Wendel zur vorhergehenden den entgegengesetzten Drehsinn aufweist.

Nach der deutschen Patentschrift 23 28 795 bestehen die Mischeinsätze aus sich kreuzenden Platten. Jede Platte dieser Mischeinsätze weist mehrere Stege in Form eines Kammes auf, zwischen denen Schlitzte vorgesehen sind. Die Stege einer Platte greifen jeweils durch die Schlitzte der anderen Platte hindurch.

030012/0430

4-2-

- Ist bei solchen Vorrichtungen der Außenmantel als ein mit Wärmeträgermedium durchflossener Doppelmantel ausgebildet, so kann neben der Mischung auch Wärmeaustausch erfolgen. Mit den bekannten Vorrichtungen erhält man
- 5 dabei gewisse Verbesserungen gegenüber den Wärmeaustauschraten des leeren Rohres. Bei niedrigviskosen Medien beruht dies auf einer turbulenz erhöhenden Wirkung der Einbauten, bei hochviskosen Medien, die in Schichten strömen, ist die quervermischende Umlagerung und teilweise
- 10 ein steileres Temperaturgefälle zwischen Medium und Außenwand maßgebend. Es lassen sich Verbesserungen um einen Faktor 2-4 gegenüber den Gegebenheiten des leeren Rohres erreichen. Es können insbesondere für Anlagen mit hohem Durchsatz keine großen Rohrdurchmesser realisiert werden,
- 15 weil mit wachsendem Durchmesser das Verhältnis Austauschfläche zu Volumen umgekehrt proportional zum Durchmesser abnimmt und die Austauschlängen quer zur Strömungsrichtung groß werden.
- 20 Nach der deutschen Offenlegungsschrift 24 46 113 ist eine Vorrichtung gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bekannt, bei der innerhalb einer aus einem Außenzylinder, der mit einem Doppelmantel versehen sein kann, und einem coaxial darin angeordneten zylindrischen Innenkörper ge-
- 25 bildeten Mischkammer mehrere ringförmig angeordnete Gruppen von gleichmäßig um die Achse verteilten, den Strom des zu mischenden Gutes in Teilströme aufteilende Leitelemente angebracht sind. Die Leitelemente sind von Gruppe zu Gruppe gegeneinander versetzt. Der Innenkörper ist hohl aus-
- 30 gebildet, damit er von einem Wärmetauschmedium durchströmt werden kann. Eine wesentliche Steigerung der Wärmeaustauschrate läßt sich damit jedoch nicht erreichen.
- Mit den bekannten Vorrichtungen läßt sich also das Mischen
- 35 von fluiden, insbesonder zähen Stoffen, jedoch ein nur

5-8-

unbefriedigender Wärmeaustausch zwischen diesen Stoffen und einem Wärmetauschmedium erzielen, und besonders dann, wenn der Rohraußendurchmesser groß ist.

- 5 Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur wärmetauschenden und mischenden Behandlung von strömenden Medien zu schaffen.

Die Erfindung löst die Aufgabe dadurch, daß die Einbauten  
10 aus sich in Achsrichtung des Gehäuses erstreckenden Rohren bestehen, die gekrümmte und die gekrümmten Rohre verbindende Rohrteile aufweisen, die Rohre parallel zueinander liegen und die verbindenden Rohrteile benachbarter Rohre sich kreuzen.

- 15 In einer Ausgestaltung reichen die gekrümmten Rohrteile der Rohre an das Gehäuse heran, und die verbindenden Rohrteile benachbarter Rohre kreuzen sich rechtwinklig. Um Quervermischungen in allen Richtungen gleichmäßig zu gewährleisten, können die Einbauten aus hintereinander geschalteten Rohrbündeln bestehen, die gegeneinander um die Gehäuseachse, vorzugsweise um  $90^\circ$  gedreht sind. Die Vorrichtung kann aus mehreren Rohrschüssen mit Einbauten aus einem oder mehreren Rohrbündeln bestehen, wobei die Rohrschüsse um die gemeinsame Achse gegeneinander um vorzugsweise  $90^\circ$  gedreht sind. Drehungen der Rohrschüsse gegeneinander bzw. der Rohrbündel gegeneinander von mehr bzw. weniger als  $90^\circ$  sind ebenfalls möglich. Das Gefäß selbst kann doppelwandig ausgebildet sein. Das Mischen kann  
20  
25  
30 günstig beeinflusst werden, wenn die gekrümmten Rohrteile mit Leitelementen versehen sind.

- Die Vorrichtung eignet sich grundsätzlich für die wärmetauschende und mischende Behandlung aller strömenden  
35 Medien. Vorzugsweise findet die Vorrichtung Anwendung für Schmelzen, Massen, Pasten oder Teige, die eine hohe Zähigkeit besitzen, die aufgeheizt oder abgekühlt werden

6-X-

- müssen oder bei denen infolge von Reaktionsabläufen zusätzlich entstehende Wärme abgeführt werden muß, was z.B. bei Polymerisation, Polykondensation und Polyaddition der Fall ist. Kennzeichnend für Medien mit hoher Zähigkeit ist, daß sich die Masse als Schichtenströmung bewegt und keine konvektiven Umwälzungen erfährt. Der Wärmez- oder -abfluß erfolgt hierbei lediglich durch Leitung. Um trotzdem einen genügend hohen Wärmeaustausch zu erhalten, müssen alle Volumenbereiche des strömenden Mediums in geringem Abstand zur Kühlfläche gehalten werden, was durch die erfindungsgemäße Vorrichtung auch gelingt. Beim Durchfließen der Vorrichtung wird das Medium durch die wärmetauschenden Rohreinbauten aufgefächert und mischend umgelagert.
- Bei Polymerisationen z.B. hängt die Gleichmäßigkeit der Molekulargewichtsverteilung, die für die Produkteigenschaften und Verarbeitbarkeit maßgebend ist, von der Höhe der Temperatur, der Verweilzeit und der Umsetzungsgeschwindigkeit ab. Damit dies erreicht wird, muß neben der Bedingung einer wandnahen Produktführung auch eine systematische Vermischung der Schichten und Komponenten untereinander gegeben sein. Ist dies nicht gegeben, erhält man relativ breite Verweilzeitverteilungen, bedingt durch erhöhte Geschwindigkeit in wandfernen und stark verlangsamte Geschwindigkeit in wandnahen Bereichen. Diese Ungleichheit wird noch dadurch verstärkt, daß in Folge eines Temperaturgefälles zur Wand hin dort höhere Produktfähigkeit vorliegt, sodaß dort die Geschwindigkeit noch mehr verringert wird.
- Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es möglich, einen vergleichsweise hohen Wärmestrom zu- oder abzuführen. Dabei spielen, wie sich gezeigt hat, neben der Vergrößerung der volumenbezogenen Oberfläche durch die Rohrrinneneinbauten die gegenüber dem Außenmantel vergleichsweise

günstigeren Übergangswerte an den Rohren die entscheidende Rolle. Die flächenbezogene Austauschrate an den Rohren ist um das 4 - 6fache höher als am Außenmantel. Es hat sich auch gezeigt, daß die gewählte Ausgestaltung der Einbauten neben der wärmetauschenden auch gute mischende und die Gleichmäßigkeit der Verweilzeit günstig beeinflussende Funktionen übernimmt.

Ein weiterer Vorteil der Vorrichtung ist darin zu sehen, daß Einheiten großen Durchmessers mit den gleichen charakteristischen Abmessungen der Innenelemente, charakterisiert z.B. durch den Rohrdurchmesser oder das auf die Volumeneinheit bezogene freie Volumen, ausgeführt werden können. Unter Beibehaltung derselben Durchströmgeschwindigkeit kann man in der Vorrichtung großen Durchmessers den gleichen flächenbezogenen Wärmestrom einstellen. Der Druckverlust nimmt wegen der Gleichheit der Strömungsbedingungen nicht zu. Man kann ohne risikobehaftete Extrapolationen Ergebnisse aus Versuchsanlagen auf Großanlagen übertragen.

Im Folgenden wird die Erfindung an Hand von lediglich einen Ausführungsweg darstellende Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 den Schnitt I - I von Figur 2  
Figur 2 eine Frontansicht der Vorrichtung

Im Gehäuse 1, das mit einem Doppelmantel 3 versehen sein kann, sind Einbauten für eine wärmetauschende und mischende Behandlung von strömenden Medien angeordnet, die aus sich in Achsrichtung des Gehäuses erstreckenden Rohren 2 bestehen. Die Rohre 2 weisen verbindende Rohrteile 2 a, die gerade ausgeführt sein können, und gekrümmte Rohrteile 2 b auf, die parallel zueinander liegen. Die gekrümmten Rohrteile 2 b eines Rohres 2 können in einer Ebene liegen. Die verbindenden Rohrteile 2 a benachbarter Rohre 2



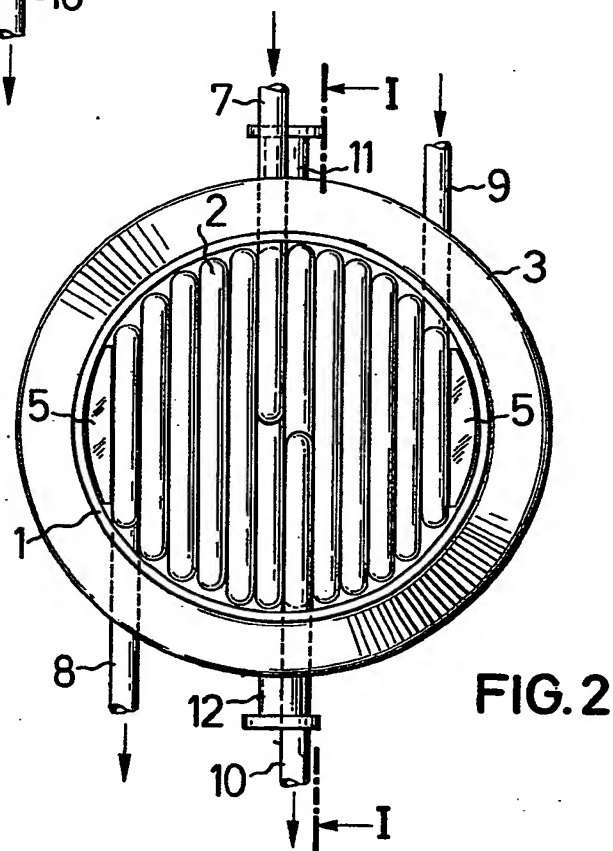
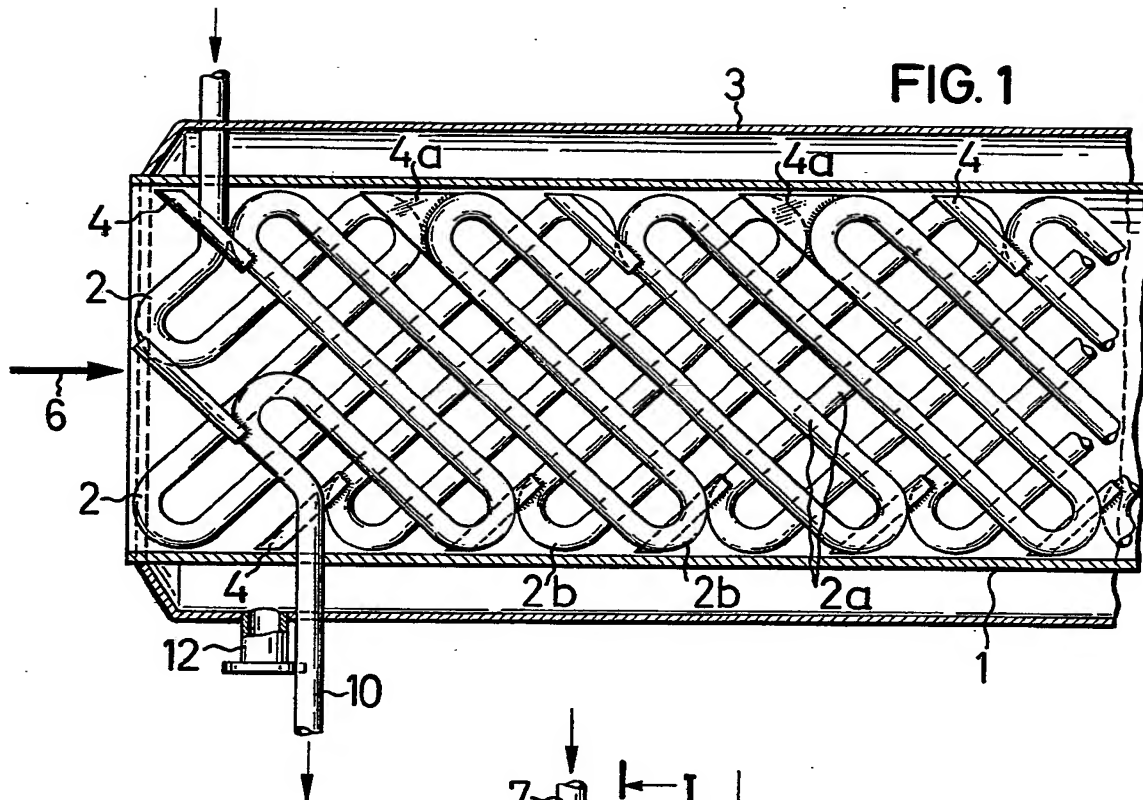
g 8 -

kreuzen sich, vorzugsweise unter einem Winkel von ca.  $90^{\circ}$ ; größere und kleinere Winkel sind ebenfalls möglich. Jedes Rohr 2 kann mit einem Zulauf 7 und einem Ablauf 10 für ein Wärmetauschmedium versehen sein. Aus technischen  
5 Gründen kann es zweckmäßig sein, die einzelnen Rohre 2 an ihren Enden zu verbinden, um möglichst wenig Zuläufe bzw. Abläufe durch die Gefäßwand führen zu müssen. Bei der Ausführung gemäß Figur 2 sind jeweils die Rohre einer Hälfte zusammengefaßt und mit Zuläufen 7 und 9 und Abläufen  
10 8 und 10 versehen. Durch die Anordnung der Rohre 2 ergeben sich bei Verwendung eines Gehäuses 1 mit kreisförmigem Querschnitt Zwickel, in denen Einbauten, z.B. Bleche 5 angeordnet werden können, sofern sich die Anordnung eines weiteren Rohres 2 nicht empfiehlt. Im ausgeführten  
15 Beispiel sind die gerade geführten Rohrteile 2a eines Rohres 2 zueinander parallel und gegen die Mantelrohrachse um  $45^{\circ}$  geneigt. Es können auch andere Winkel als solche von  $45^{\circ}$  gewählt werden. Ferner sind Varianten möglich, bei denen die geraden Rohrteile eines Rohres nicht jeweils  
20 parallel zueinander verlaufen. Benachbarte Rohre 2 berühren sich an den Kreuzungspunkten. Das Mischen, die radiale Verteilung und die Gleichmäßigkeit der Verweilzeit des strömenden Mediums kann günstig beeinflusst werden, wenn im Bereich der gekrümmten Rohrteile 2b Leitelemente 4, 4a,  
25 die gegebenenfalls verdreht sein können, angeordnet werden. 6 bedeutet die Fließrichtung des zu behandelnden Mediums; 11 und 12 Öffnungen des Doppelmantels.

- 9 -  
 2839564

Nummer:  
 Int. Cl. 2:  
 Anmeldetag:  
 Offenlegungstag:

28 39 564  
 B 01 F 5/02  
 12. September 1978  
 20. März 1980



030012/0430